

(19)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 124 042 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
16.08.2001 Bulletin 2001/33

(51) Int Cl.7: F01N 9/00, F02D 41/26

(21) Numéro de dépôt: 01400224.0

(22) Date de dépôt: 29.01.2001

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 09.02.2000 FR 0001607

(71) Demandeur: Peugeot Citroen Automobiles SA
92200 Neuilly sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:
• Aioun, François
91190 Gif sur Yvette (FR)
• Bourguin, Solenne
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire:
Habasque, Etienne Joel Jean-François et al
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Système d'aide à la régénération d'un filtre à particules intégré dans une ligne d'échappement d'un moteur Diesel**

(57) Ce système est caractérisé en ce que le moteur (1) est associé à différents organes et à des moyens (17) de contrôle du fonctionnement de ces organes pour piloter le fonctionnement du moteur, ces moyens étant en outre adaptés pour déclencher une phase de régénération du filtre à particules par combustion des particules piégées dans celui-ci en enclenchant une phase d'injections multiples de carburant dans les cylindres du moteur pendant leur phase de détente, et en ce que les moyens de contrôle (17) se présentent sous la forme d'un superviseur à automates d'états synchronisés lors de transitions d'états, dont au moins un premier automate de détermination de l'état du filtre à particules et un second automate de pilotage de l'aide à la régénération, les états de ces automates étant ordonnés séquentiellement.

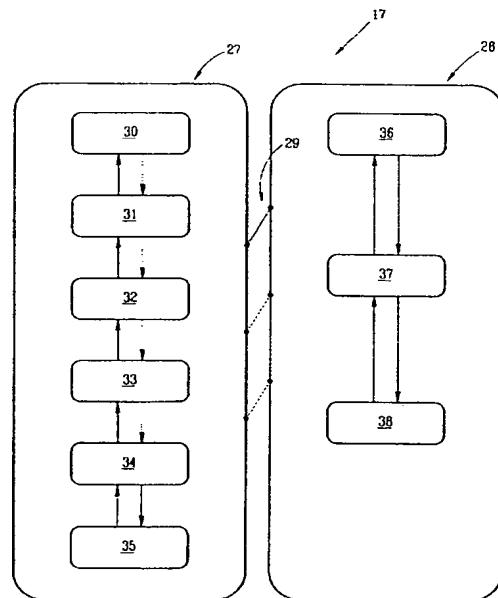


FIG.2

Description

[0001] La présente invention concerne un système d'aide à la régénération d'un filtre à particules intégré dans une ligne d'échappement d'un moteur Diesel de véhicule automobile.

[0002] On sait que la réduction des émissions polluantes liées au fonctionnement des moteurs des véhicules automobiles et en particulier des moteurs Diesel est un souci permanent des constructeurs.

[0003] Différents systèmes ont déjà été développés dans l'état de la technique pour réduire le niveau de ces émissions polluantes en particulier en utilisant un filtre à particules intégré dans la ligne d'échappement.

[0004] Cependant, la gestion du fonctionnement de celui-ci et en particulier la gestion de sa régénération génère encore des difficultés.

[0005] Le but de l'invention est donc de les résoudre.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un système d'aide à la régénération d'un filtre à particules intégré dans une ligne d'échappement d'un moteur Diesel de véhicule automobile, caractérisé en ce que le moteur est associé à différents organes, parmi lesquels :

- des moyens d'admission d'air dans le moteur,
- des moyens de recyclage de gaz d'échappement du moteur en entrée de celui-ci,
- un turbocompresseur,
- un catalyseur d'oxydation disposé en amont du filtre à particules dans la ligne d'échappement ;
- un système d'alimentation commune en carburant des cylindres du moteur, comportant des injecteurs à commande électrique, associés à ces cylindres,
- des moyens d'ajout au carburant d'un additif destiné à se déposer sur le filtre à particules pour abaisser la température de combustion des particules piégées dans celui-ci,
- des moyens d'acquisition d'informations relatives à différents paramètres de fonctionnement du moteur et des organes associés à celui-ci, et
- des moyens de contrôle du fonctionnement des moyens d'admission, des moyens de recyclage, du turbocompresseur et/ou du système d'alimentation pour piloter le fonctionnement du moteur, ces moyens étant en outre adaptés pour déclencher une phase de régénération du filtre à particules par combustion des particules piégées dans celui-ci en enclenchant une phase d'injections multiples de carburant dans les cylindres du moteur pendant leur phase de détente, et en ce que les moyens de contrôle se présentent sous la forme d'un superviseur à automates d'états synchronisés lors de transitions d'états, dont au moins un premier automate de détermination de l'état du filtre à particules et un second automate de pilotage de l'aide à la régénération, les états de ces automates étant ordonnés séquentiellement.

[0007] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

5

- la Fig.1 représente un schéma synoptique illustrant un moteur Diesel de véhicule automobile, et les différents organes associés à celui-ci, et
- la Fig.2 illustre la structure de moyens de contrôle du fonctionnement de ce moteur et de ces organes.

10

[0008] On a en effet représenté sur la figure 1, un moteur Diesel de véhicule automobile qui est désigné par la référence générale 1.

15 **[0009]** Ce moteur Diesel est associé à des moyens d'admission d'air en entrée de celui-ci, qui sont désignés par la référence générale 2.

20 **[0010]** En sortie, ce moteur est associé à une ligne d'échappement qui est désignée par la référence générale 3.

[0011] Des moyens de recyclage de gaz d'échappement du moteur en entrée de celui-ci sont également prévus et sont désignés par la référence générale 4.

25 **[0012]** Ces moyens sont alors interposés par exemple entre la sortie du moteur et les moyens 2 d'admission d'air dans celui-ci.

[0013] La ligne d'échappement peut également être associée à un turbocompresseur désigné par la référence générale 5 et plus particulièrement à la portion de 30 turbine de celui-ci, de façon classique.

[0014] Enfin, la ligne d'échappement comporte un catalyseur d'oxydation désigné par la référence générale 6, disposé en amont d'un filtre à particules désigné par la référence générale 7, dans la ligne d'échappement.

35 **[0015]** Le moteur est également associé à un système d'alimentation commune en carburant des cylindres de celui-ci. Ce système est désigné par la référence générale 8 sur cette figure et comporte par exemple des injecteurs à commande électrique associés à ces cylindres.

40 **[0016]** Dans l'exemple de réalisation représenté, le moteur est un moteur à quatre cylindres et comporte donc quatre injecteurs à commande électrique, respectivement 9,10,11 et 12.

45 **[0017]** Ces différents injecteurs sont associés à une rampe d'alimentation commune en carburant désignée par la référence générale 13 et reliée à des moyens d'alimentation en carburant désignés par la référence générale 14, comprenant par exemple une pompe à haute pression.

50 **[0018]** Ces moyens d'alimentation sont reliés à un réservoir de carburant désigné par la référence générale 15 et à des moyens d'ajout à ce carburant d'un additif destiné à se déposer sur le filtre à particules pour abaisser la température de combustion des particules piégées dans celui-ci.

[0019] En fait, cet additif peut par exemple être contenu dans un réservoir auxiliaire désigné par la référen-

ce générale 16 associé au réservoir de carburant 15, pour permettre l'injection d'une certaine quantité de cet additif dans le carburant.

[0020] Enfin, ce moteur et les différents organes qui viennent d'être décrits sont également associés à des moyens de contrôle de leur fonctionnement désignés par la référence générale 17 sur cette figure, comprenant par exemple un calculateur 18 associé à des moyens de stockage d'informations 19, et raccordé en entrée à différents moyens d'acquisition d'informations relatives à différents paramètres de fonctionnement de ce moteur et de ces organes, ce calculateur étant alors adapté pour contrôler le fonctionnement des moyens d'admission, des moyens de recyclage, du turbocompresseur et/ou du système d'alimentation pour piloter le fonctionnement du moteur et notamment le couple engendré par celui-ci en fonction des conditions de roulage du véhicule, de façon classique.

[0021] C'est ainsi par exemple que ce calculateur est relié à un capteur de pression différentielle 20 aux bornes du catalyseur et du filtre à particules, respectivement 6 et 7, et à des capteurs de température 21,22 et 23, respectivement en amont du catalyseur, entre ce catalyseur et le filtre à particules et en aval de ce filtre à particules dans la ligne d'échappement.

[0022] Le calculateur reçoit également une information de teneur en oxygène des gaz en entrée du moteur à partir d'une sonde Lambda λ proportionnelle désignée par la référence générale 24 sur cette figure, disposée en entrée du moteur.

[0023] Le calculateur peut également recevoir une information de teneur en oxygène des gaz d'échappement du moteur à partir d'une autre sonde Lambda λ proportionnelle 25 intégrée dans la ligne d'échappement de celui-ci.

[0024] En sortie, ce calculateur est adapté pour piloter les moyens d'admission d'air, les moyens de recyclage de gaz d'échappement, le turbocompresseur, les moyens d'ajout au carburant de l'additif, les moyens d'alimentation en carburant de la rampe commune et les différents injecteurs associés aux cylindres du moteur.

[0025] En particulier, ce calculateur est adapté pour déclencher une phase de régénération du filtre à particules par combustion des particules piégées dans celui-ci en enclenchant une phase d'injections multiples de carburant dans les cylindres du moteur pendant leur phase de détente.

[0026] Les particules émises par le moteur au cours de son fonctionnement sont en effet piégées dans le filtre à particules. Il convient alors de régénérer celui-ci régulièrement par combustion de ces particules.

[0027] Avantageusement, les moyens 4 de recyclage des gaz d'échappement du moteur en entrée de celui-ci comprennent une électrovanne proportionnelle qui est pilotée par les moyens de contrôle 17 en fonction des informations délivrées par la sonde Lambda λ proportionnelle 24, et éventuellement celles délivrées par la sonde Lambda 25, pour réguler le recyclage des gaz

d'échappement en entrée du moteur en fonction de la teneur en oxygène des gaz en entrée du moteur, lors de la phase de régénération du filtre à particules.

[0028] Ceci permet alors notamment de mieux contrôler le déroulement de la régénération du filtre par combustion des particules.

[0029] Le calculateur 18 peut également être adapté pour piloter le fonctionnement du turbocompresseur 5 et plus particulièrement sa pression de consigne de suralimentation afin de réguler la teneur en oxygène des gaz en entrée du moteur et/ou le fonctionnement de moyens de contrôle 26 de la température des gaz en entrée du moteur comprenant par exemple tout échangeur approprié de façon classique, disposé en entrée du moteur.

[0030] En fait, ce calculateur et de façon plus générale, les moyens de contrôle 17 se présentent comme cela est illustré sur la figure 2, sous la forme d'un superviseur à automates d'états synchronisés lors de transitions d'états, de type classique.

[0031] Dans l'exemple décrit, ce superviseur comporte au moins deux automates synchronisés, dont l'un est désigné par la référence générale 27 et l'autre par la référence générale 28.

[0032] Ces automates sont synchronisés lors de changements d'états comme cela est illustré en 29.

[0033] L'automate d'état 27 est associé à une fonction de détermination de l'état du filtre à particules, tandis que l'automate d'état 28 est associé à une fonction de gestion et de pilotage du déclenchement et du déroulement de la phase de régénération du filtre à particules, c'est-à-dire de pilotage de l'aide à la régénération.

[0034] Cette structure a été développée pour surmonter les difficultés liées à la gestion d'un nombre important d'états notamment du filtre et de stratégies de pilotage du moteur, de même qu'un nombre important de transitions possibles entre ces différents états ou ces différentes stratégies.

[0035] Cette structure permet également d'obtenir une certaine cohérence facilitant la compréhension des principes de fonctionnement de ce superviseur et son évolution pour simplifier sa mise au point.

[0036] De plus, une telle structure peut être validée de façon automatisée par mise en oeuvre de tests unitaires, par rapport à des données expérimentales, etc.., ce qui permet un gain de temps dans la mise au point et le respect des spécifications fonctionnelles.

[0037] Cette structure facilement adaptable notamment si l'on souhaite par exemple introduire un nouvel état du filtre ou une nouvelle stratégie de pilotage du moteur et de ses organes associés, permet d'obtenir une approche cohérente dans la gestion des différentes tâches.

[0038] Cependant, et pour réduire le nombre de transitions d'états dans ces automates, ces états sont ordonnés selon une structure séquentielle également appelée « en ascenseur ».

[0039] Les états de chaque automate sont donc or-

donnés séquentiellement suivant l'évolution naturelle de la fonction correspondante.

[0040] C'est ainsi par exemple que pour l'automate d'état 27 de détermination de l'état du filtre à particules, ces différents états sont ordonnés par niveaux de colmatage croissants de celui-ci.

[0041] Pour évoluer de l'état 1 à l'état N, cet automate doit donc passer par tous les états intermédiaires.

[0042] Ainsi, le nombre de transitions entre deux états est réduit au minimum puisque par exemple une liaison directe entre l'état 1 et l'état 3, est équivalente à une succession de transitions d'états d'abord entre l'état 1 et l'état 2, puis entre l'état 2 et l'état 3.

[0043] Cette liaison directe peut donc être supprimée.

[0044] Lorsqu'une liaison directe entre deux états distants est nécessaire, par exemple pour des problèmes de gain de temps dans la transition, on peut bien entendu conserver cette liaison.

[0045] Un autre intérêt de cette approche par automates d'états est qu'elle permet une validation par simulation.

[0046] Celle-ci consiste alors à effectuer des tests unitaires automatisés en appliquant des séquences d'entrée choisies pour tester tous les modes de fonctionnement de l'automate correspondant, ou une analyse en simulation du comportement physique du moteur avec le filtre à particules, piloté par le superviseur.

[0047] On peut ainsi valider les spécifications fonctionnelles du superviseur.

[0048] A titre d'exemple, l'automate 27 de détermination de l'état du filtre à particules, présente six états différents.

[0049] Ces six états sont un état 30 de filtre à particules percé, un état 31 de filtre à particules régénéré, un état 32 de filtre à particules partiellement chargé, un état 33 de filtre à particules chargé, un état 34 de filtre à particules surchargé, et un état 35 de filtre à particules colmaté.

[0050] Ces différents états sont déterminés par exemple par analyse de la charge du filtre et comparaison de celle-ci à des seuils prédéterminés.

[0051] L'automate d'état 28 de contrôle du déclenchement et du déroulement de l'aide à la régénération comporte quant à lui par exemple trois états.

[0052] Ces états sont un premier état 36 correspondant à un fonctionnement sans aide à la régénération du filtre à particules, un deuxième état 37 d'aide à la régénération de premier niveau et un état 38 d'aide à la régénération de second niveau.

[0053] Bien entendu d'autres états peuvent être envisagés.

Revendications

1. Système d'aide à la régénération d'un filtre à particules intégré dans une ligne d'échappement d'un moteur Diesel de véhicule automobile, caractérisé

en ce que le moteur (1) est associé à différents organes, parmi lesquels :

- des moyens (2) d'admission d'air dans le moteur,
- des moyens (4) de recyclage de gaz d'échappement du moteur en entrée de celui-ci,
- un turbocompresseur (5),
- un catalyseur d'oxydation (6) disposé en amont du filtre à particules (7) dans la ligne d'échappement ;
- un système (8) d'alimentation commune en carburant des cylindres du moteur, comportant des injecteurs à commande électrique (9,10,11,12), associés à ces cylindres,
- des moyens (16) d'ajout au carburant d'un additif destiné à se déposer sur le filtre à particules (7) pour abaisser la température de combustion des particules piégées dans celui-ci,
- des moyens (20,21,22,23,24) d'acquisition d'informations relatives à différents paramètres de fonctionnement du moteur et des organes associés à celui-ci, et
- des moyens (17) de contrôle du fonctionnement des moyens d'admission, des moyens de recyclage, du turbocompresseur et/ou du système d'alimentation pour piloter le fonctionnement du moteur, ces moyens étant en outre adaptés pour déclencher une phase de régénération du filtre à particules par combustion des particules piégées dans celui-ci en enclenchant une phase d'injections multiples de carburant dans les cylindres du moteur pendant leur phase de détente, et en ce que les moyens de contrôle (17) se présentent sous la forme d'un superviseur à automates d'états synchronisés lors de transitions d'états, dont au moins un premier automate (27) de détermination de l'état du filtre à particules et un second automate (28) de pilotage de l'aide à la régénération, les états de ces automates étant ordonnés séquentiellement.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier automate (27) de détermination de l'état du filtre à particules présente six états distincts dont un état (30) de filtre à particules percé, un état (31) de filtre à particules régénéré, un état (32) de filtre à particules partiellement chargé, un état (33) de filtre à particules chargé, un état (34) de filtre à particules surchargé et un état (35) de filtre à particules colmaté.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'automate (28) d'aide à la régénération du filtre présente trois états, dont un premier état (36) de fonctionnement sans aide à la régénération, un deuxième état (37) d'aide à la régénération de

premier niveau et un troisième état (38) d'aide à la régénération de second niveau.

5

10

15

20

25

30

35

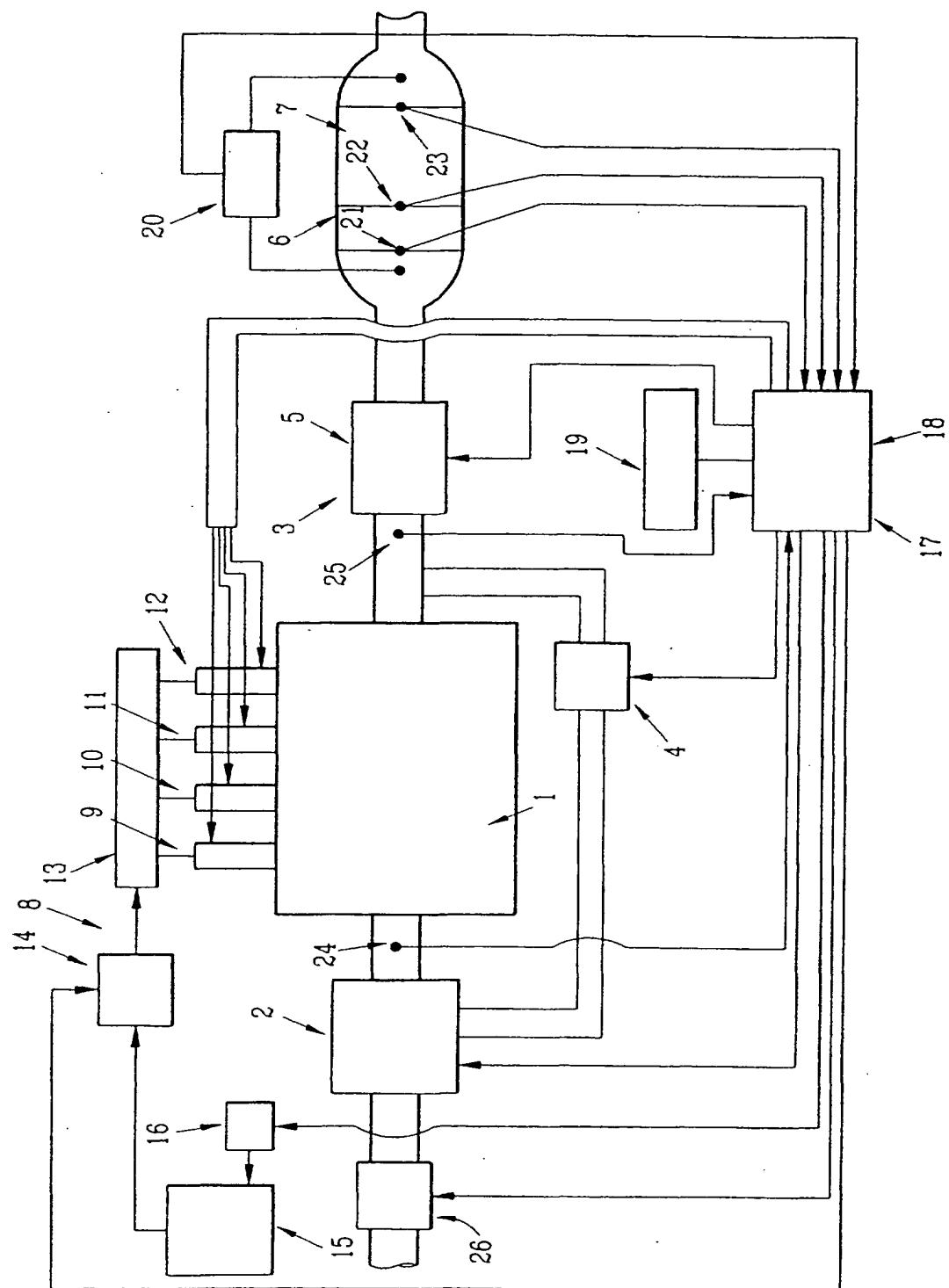
40

45

50

55

5



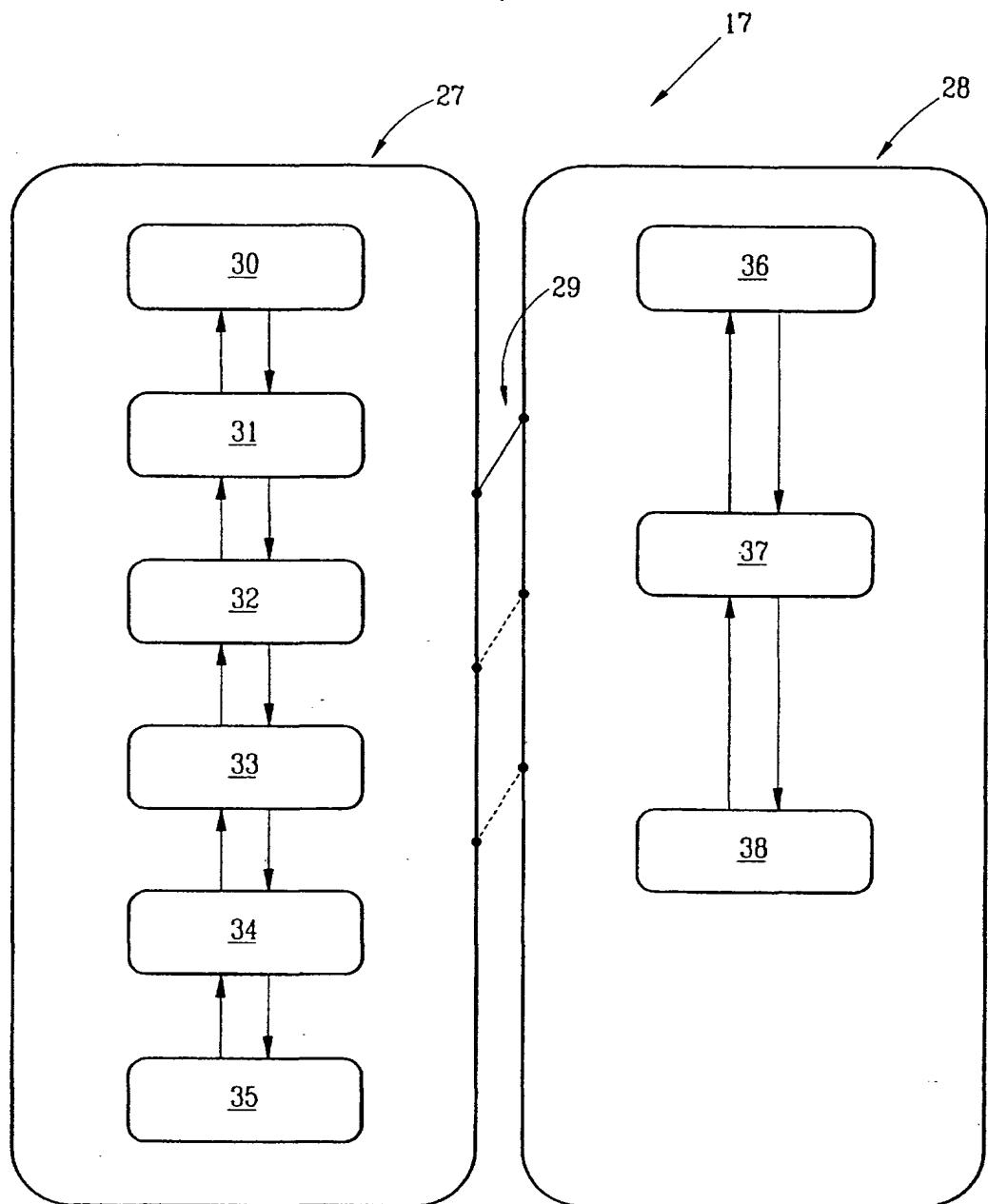


FIG.2

Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 40 0224

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	LANGKABEL G I: "LA PLUS GRANDE INVENTION DEPUIS LE MOTEUR DIESEL" REVUE AUTOMOBILE, CH, HALLWAG S.A. BERNE, vol. 94, no. 19, 6 mai 1999 (1999-05-06), page 21 XP000825692 ISSN: 0035-0761 * le document en entier * ---	1	F01N9/00 F02D41/26
A	FR 2 774 421 A (PEUGEOT) 6 août 1999 (1999-08-06) * le document en entier * ---	1	
A	EP 0 196 421 A (ZEUNA STAERKER KG) 8 octobre 1986 (1986-10-08) * le document en entier * ---	1	
A	AZIZ A ET AL: "SUPERVISORY CONTROL OF FINITE STATE MACHINES" COMPUTER AIDED VERIFICATION. INTERNATIONAL CONFERENCE, XX, XX, 3 juillet 1995 (1995-07-03), pages 279-292, XP000604449 * le document en entier * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	FR 2 760 044 A (BOSCH GMBH ROBERT) 28 août 1998 (1998-08-28) ---		F01N F02D
A	US 5 671 141 A (ARMITAGE JOHN FREDERICK ET AL) 23 septembre 1997 (1997-09-23) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	20 juin 2001	Moualed, R	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 0224

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-06-2001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2774421	A	06-08-1999	AUCUN		
EP 0196421	A	08-10-1986	AT DE	37931 T 3660936 D	15-10-1988 17-11-1988
FR 2760044	A	28-08-1998	DE GB JP US	19707868 A 2322927 A,B 10238394 A 6006598 A	03-09-1998 09-09-1998 08-09-1998 28-12-1999
US 5671141	A	23-09-1997	JP	7190897 A	28-07-1995

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82